క్వాంటమ్ సిద్ధాంతము

*

శ్రీ చివుకుల అచ్యుతదేవ రాయలు

[గత సంచికలో కాంతివేగంతో పోల్చతగిన వేగాలతో ప్రయాణించే పదార్థాల విషయంలో కలిగే మార్పులు, గురుత్వాకర్షణ గురించి తెలుసుకున్నాము. ఇప్పుడు అతి చిన్నకణాల ఎలక్ట్రాన్లు, ప్రోటాన్లు, మొ. (అణువులో ఉండే ప్రాథమిక కణాలు), మరియు ఫోటాన్ల వింత ప్రవర్తనల గురించి తెలుసుకుందాము.]

కాంతి కణాలను కలిగి ఉంటుందని న్యూటన్ చెప్పాడు. దీనిని న్యూటన్ కాంతికణ సిద్ధాంతం (Corpuscular Theory of Light) అంటారు. ఈ సిద్ధాంతం కాంతి బుజు మార్గంలో కిరణ రూపంలో ప్రసరించడానిని (Rectilinear Propagation), పరావర్తనాన్ని (Reflection), వక్రీభవనాన్ని (Refraction) వివరించగలిగింది. కాని కాంతి వ్యతికరణాన్ని (Interference), వివర్తనము (Diffraction), ధ్రువణము (Polarization) ధర్మాలను వివరించ లేకపోయింది.

వీటన్నింటిని హైగన్స్ కాంతితరంగ సిద్ధాంతం (Wave nature of light) వివరిస్తుంది. దీని ప్రకారము కాంతి తిర్యక్ తరంగ రూపంలో ప్రయాణిస్తాయి, నీటి అలల మాదిరి. నీటి అలకు మిట్ట, పల్లములు ఉంటాయి. మిట్టలు, పల్లాలు వరుసగా కదిలి పోతుంటే అలలు (తరంగాలు) ముందుకు సాగిపోతుంటాయి. రెండు చిన్న రాళ్ళను కొద్ది ఎత్తు నుండి నిశ్చలంగా ఉన్న నీటిలో రెండింటి మధ్య కొద్ది దూరం ఉంచి పడేస్తే, ఆ రాళ్ళు నీటిని తాకిన రెండు చోట్లలో రెండు తరంగాలు పుట్టి వ్యాపించి కొద్ది సేపట్లో కలుసుకుంటాయి.

ఒక తరంగం యొక్క మిట్ట మరొక దాని మిట్టతో లేదా ఒకదాని పల్లము మరొక దాని పల్లముతో కలిసిన ఆ కలయికను **నిర్మాణాత్మక కలయిక** (constructive) అంటారు. దీనివల్ల మిట్ట ఎత్తు రెట్టింపు, పల్లము లోతు రెట్టింపు అవుతుంది. నీటి అల రెట్టింపు అవుతుంది. అలా కాకుండా ఒకదాని మిట్ట మరొక దాని పల్లముతో కలిసిన కలయికను **విధ్వంసక కలయిక** (destructive) అంటారు. దీని వలన మిట్ట పల్లాలు రద్దు అవుతాయి. అక్కడ అల ఉండదు.

జంట చీలికల ప్రయోగము (Double Slit Experiment):

ఈ ప్రయోగాన్ని భౌతికశాస్త్రంలోనే అత్యుత్తమ ప్రయోగంగా భావిస్తారు. ఇది సరళమైన సులభమైన ప్రయోగము. కాంతి తరంగ సిద్ధాంతాన్ని ఇది నిరూపిస్తుంది.

ఒక అట్టమీద రెండు చీలికలను 1 మిల్లిమీటరు దూరంగా నిర్మించాలి. ఒక్కొక్క చీలిక వెడల్పు 0.2 మి.మీ ఉండాలి. ఎత్తు సుమారు 8 మి.మీ. అటువంటి జంట చీలికల మీద కాంతి పడినప్పుడు అవతల తెరమీద రెండు వెలుగు పట్టీలు కాక, మధ్య వెలుగు పట్టీ ప్రక్కన అటు ఇటూ చీకటి పట్టీలు తరువాత మళ్ళీ అటు ఇటూ వెలుగు పట్టీలు వరుసగా కనిపిస్తాయి.

దీనికి కారణం రెండు చీలికలనుండి ఒకే విధమైన కాంతి తరంగాలు వెలువడి ప్రయాణంలో కలియడం వలన నిర్మాణాత్మకమైన, విధ్వంసకమైన కలయికల వలన వరుస వెలుగు చీకట్లతో ఒక వెడలపాటి పట్టిక ఏర్పడుతుంది. దీనికి వ్యతికరణ పట్టిక (Interference Band) అని పేరు.

ఆసక్తికరమైన విషయం ఏమిటంటే, ఎలక్ట్రాన్లు, ప్రొటాన్లు మొ. ఇటువంటి జంటచీలికల మీద పడినప్పుడు వ్యతికరణ పట్టిక ఏర్పడుతుంది. అనగా అవి తరంగాలుగా ప్రవర్తిస్తున్నాయన్న మాట. ఈ విధంగా ప్రాథమిక కణాలు కణ తరంగ ప్రవర్తనలను ప్రదర్శించే ద్వంద్వ స్వభావాన్ని కలిగి ఉంటాయి. వీటిని ద్రవ్య తరంగాలని అంటారు. ఏ చీలిక నుండి ఎన్ని కణాలు వెలువడుతున్నాయో తెలుసుకోవడానికి, తెలుసుకొనే పరికరాన్ని (Detectors) చీలికల ప్రక్కన వెనుకవైపు ఏర్పాటుచేస్తే, వ్యక్తీకరణ పట్టిక పోతుంది. రెండు నిలువు వెలుగు పట్టీలు మాత్రమే తెరమీద కనబడుతాయి. అంటే, అవి కణ స్వభావాన్ని ప్రదర్శిస్తాయి. తమను ఎవరో పరిశీలిస్తున్నట్లు వాటికి ఎలా తెలుస్తుందో?

అధ్యారోపణము (Superposition):

ఒక వ్యవస్థ పలు స్థితులలో ఒకేసారి ఉనికిలో ఉండడాన్ని అధ్యారోపణము అంటారు. ఒక క్వాంటమ్ కణము, ఎలక్ట్రాను లాంటివి, ఒకేసారి కుడి భ్రమణము ఎడమ భ్రమణము కలిగి యుండటం, ఒకే సమయంలో పలు ప్రదేశాలలో ఉండటం జరుగుతుంది.

ఎప్పుడైతే ఆ కణాన్ని పరిశీలించడం జరుగుతుందో అప్పుడు ఆ కణానికి మిగతా స్థితులు పోయి అది ఒక్క స్థితిలోనికి వస్తుంది, అధ్యారోపణాన్ని పోగొట్టుకొని. పైకెగరేసిన రూపాయి బిళ్ళ బొమ్మ బొరుసులుగ మారుతూ చేతిలో పడేటప్పటికి బొమ్మలోకో బొరుసులోకో వచ్చినట్లు.

ఒక వ్యవస్థ 0 (సున్న) స్థితిలో లేదా 1 (ఒకటి) స్థితిలో లేదా ఒకేసారి 0, 1 స్థితిలో అనగా మూడు స్థితులలో ఉండవచ్చు. అప్పుడు వ్యవస్థ క్యూబిట్ (Qbit) స్థితిలో ఉందని అంటారు. 0,1 స్థితిలో ఉన్న వ్యవస్థను పరిశీలించినప్పుడు 0 స్థితిలోనికో లేదా 1 స్థితిలోనికో వస్తుంది. ఈ ఆలోచన క్వాంటమ్ కంప్యూటర్ నిర్మాణానికి నాంది పలికింది.

క్వాంటమ్ చిక్కుముడి (Quantum Entanglement):

రెండు కణాలు ఒకే క్వాంటమ్ స్థితిలో ఉన్నప్పుడు అవి చిక్కుముడిలో చిక్కుకుని ఉంటాయి. అనగా అవి అనుసంధింపబడి ఒకే విధిని పంచుకుంటాయి. అవి స్వీయ గుర్తింపును కోల్పోయి ఒకే వ్యవస్థగా ప్రవర్తిస్తాయి. వాటిమధ్య ఎంత దూరమున్నా, ఒక దానిని కొలిచిన తక్షణమే రెండవదాని కొలత తెలిసిపోతుంది. ఒకే క్వాంటమ్

స్థితిలో ఉన్న రెండు ఎలక్ట్రాన్లలో ఒకటి కుడి భ్రమణంలో ఉంటే రెండవది ఎడమవైపు భ్రమణంలో ఉన్నట్లు, రెండవ దానిని కలవకుండానే చెప్పవచ్చు.

ఒక వస్తువుపై ప్రభావం చూపడానికి దానిని ప్రభావితం చూపేది భౌతికంగా ప్రయాణించాలి. ఉదాహరణకు ఒక సిగ్నల్ (తరంగం). ఆ సిగ్నల్ వేగం కాంతి వేగం కన్నా ఎక్కువ ఉండడానికి వీలులేదు. మరి తక్షణ ప్రభావం ఎట్లా కుదురుతుంది? దీనిని క్వాంటమ్ అప్రాంతీయత (Quantum Nonlocality) అంటారు. దీనిని క్వాంటమ్ ప్రసార సాధనంగా వాడుకొనవచ్చు. సాంకేతిక పరికరాలు అవసరం లేని సందర్భంలో, యాదృచ్ఛిక సమాచారాన్ని ఎంపిక చేయడం లాంటి విషయాలలో దీనిని ఉపయోగించవచ్చు ఇది వస్తువులకు ముందుగానే కచ్చితమైన ధర్మాలుంటాయనే విషయాన్ని కాదంటున్నది.

***

శ్రీ డా. చివుకుల అచ్యుత దేవరాయలు గారు భౌతికశాస్త్రం లో M.Sc., Ph.D. (Fourier Optics). 2003 లో ప్రధాన భౌతికశాస్త్రాచార్యులుగా ప్రభుత్వ డిగ్రీ కళాశాల నుంచి పదవీ విరమణ. నివాసం ప్రధానంగా న్యూజెర్సీ, అమెరికా. తదుపరి హైదరాబాద్. అభిరుచులు. సాహిత్యం, చిత్రలేఖనం.